

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-261006

(43)Date of publication of application : 16.09.1994

(51)Int.Cl.

H04B 10/18

G02B 6/00

H04J 14/02

(21)Application number : 05-043503

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 04.03.1993

(72)Inventor : TAKECHI HIDEAKI  
YAMAMOTO HIROAKI

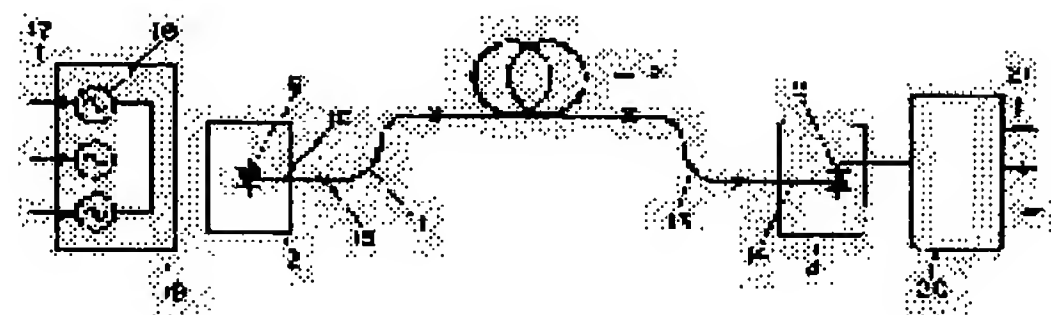
## (54) OPTICAL COMMUNICATION EQUIPMENT

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To reduce modulation distortion and noise by arranging an optical length in an optical fiber and an optical element forming a communications line to a specific value in an analog optical communications equipment applying light intensity modulation to a frequency division multiplex signal and sending the modulated signal so as to reduce the Bessel function product of a carrier frequency with respect thereto.

**CONSTITUTION:** Plural input signals 17 inputted to a modulator 19 are modulated into a frequency division multiplex signal by a modulation carrier generator 18, it is given to a laser element 8 in an optical transmitter 2, in which frequency division multiplex modulation is executed and the signal light is sent to an optical receiver 3 by using optical fiber transmission lines 10-14. The optical fibers are coupled by using an optical fiber connector 15 and the received light intensity signal is converted into an electric signal by a light receiving element, 9. Then this signal is demodulated by a

demodulator 20 to obtain an output signal 21. Through the constitution above, the optical fiber whose optical velocity is  $2 \times 10^8 \text{m/s}$  is used for a transmission line and the length of the other optical fibers than the optical fiber 12 of several hundreds - several thousand meters installed between transmission reception bases is selected to be an integral number of multiple of 2m.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-261006

(43)公開日 平成6年(1994)9月16日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/18

G 0 2 B 6/00

H 0 4 J 14/02

8523-5K

H 0 4 B 9/ 00

M

6920-2K

G 0 2 B 6/ 00

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平5-43503

(22)出願日

平成5年(1993)3月4日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 武知 秀明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 山本 浩明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

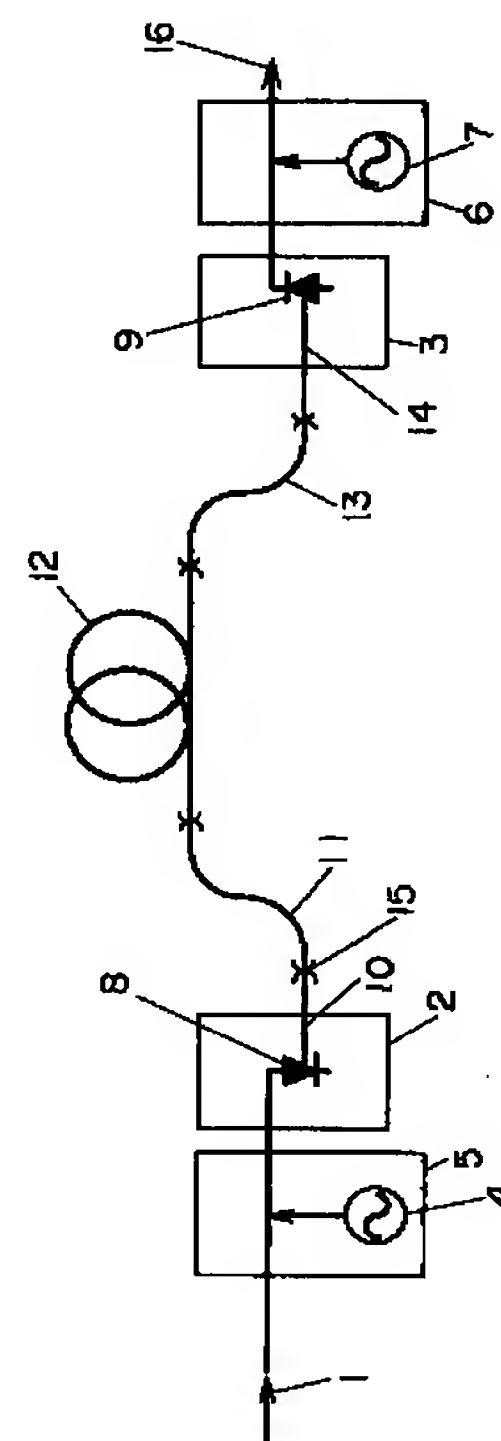
(54)【発明の名称】 光通信装置

(57)【要約】

【目的】 周波数分割多重信号をレーザー発振器で光強度変調して伝送するアナログ光通信装置において、光ファイバーコネクタ等での多重反射光の干渉により発生する変調歪を低減する。

【構成】 変調歪と雑音が最小になるよう、周波数配置と反射点間距離を最適化する。特に信号光が反射点間を往復するのに要する時間を $\tau$ とし、周波数分割多重信号のある搬送周波数を $f$ とした時、 $f\tau$ が常に整数であるように最適化する。必要なときは周波数変換器により、周波数配列を最適化する。

入力周波数多重信号 10  
光送信装置 11, 13  
光ファイバーコネクタ 12  
光ファイバー 14  
光受信装置 15  
出力周波数多重信号 16  
ローカル発振器 4, 7  
周波数変換装置 5, 6  
レーザー素子 8  
受光素子 9



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の変調信号からなる周波数分割多重信号をレーザー発振器に入力し、前記レーザー発振器で光強度変調して伝送する、光伝送路中に複数の反射点を有する光通信装置で、

前記反射点間で信号光が多重反射する事により発生する変調歪と雑音が最小になるよう、前記反射点間距離が固定され、前期搬送周波数が配列されたことを特徴とする光通信装置。

【請求項2】信号光がある反射点間を往復するのに要する時間を $\tau$ とし、周波数分割多重信号の内のある変調信号の搬送周波数を $f$ とした時、 $f\tau$ が整数であるように前記反射点間の距離が固定され、前期搬送周波数が配列されたことを特徴とする請求項1記載の光通信装置。

【請求項3】複数の変調信号からなる周波数分割多重信号を、前記変調信号の搬送周波数を他の周波数に変換する周波数変換器で変換してレーザー発振器に入力し、前記レーザー発振器で光強度変調して伝送する、光伝送路中に複数の反射点を有する光通信装置で、

前記反射点間で信号光が多重反射する事により発生する変調歪と雑音が最小になるよう、前記反射点間距離が固定され、レーザーに入力される変調信号の搬送周波数が配列されたことを特徴とする光通信装置。

【請求項4】信号光がある反射点間を往復するのに要する時間を $\tau$ とし、レーザーに入力される周波数分割多重信号の内のある変調信号の搬送周波数を $f$ とした時、 $f\tau$ が整数であるように前記反射点間の距離が固定され、\*

$$\begin{aligned} HD2 &= 10^{-\frac{R_1}{10}} 10^{-\frac{R_2}{10}} \{4 \xi J_2(|B_1|) J_0(|B_2|)/m\}^2 \exp(-2\gamma\tau) \cos(2\phi) \\ IM2 &= 10^{-\frac{R_1}{10}} 10^{-\frac{R_2}{10}} \{4 \xi J_1(|B_1|) J_1(|B_2|)/m\}^2 \exp(-2\gamma\tau) \cos(2\phi) \\ IM3 &= 10^{-\frac{R_1}{10}} 10^{-\frac{R_2}{10}} \{4 \xi J_2(|B_1|) J_1(|B_2|)/m\}^2 \exp(-2\gamma\tau) \sin(2\phi) \end{aligned}$$

$$B_i = 2\beta_i \sin(2\pi f_i \tau)$$

$$\beta_i = \frac{\delta v (I_b - I_{th}) m}{f_i}$$

$$\gamma = \pi \Delta v$$

$$\phi = 2\pi v \tau$$

【0005】ただし、 $J_n(X)$ は第一種ベッセル関数であり、 $\delta v$ は単位電流当りの光周波数偏移量、 $\Delta v$ は送信レーザーのスペクトル線幅、 $R_1$ 、 $R_2$ は反射点1、2での反射減衰量、 $\xi$ は多重反射光と通常光の偏波のカップリング係数、 $m$ は変調度、 $I_b$ はレーザーのバイアス電流、 $I_{th}$ はレーザーの発光閾値電流である。また、 $\tau$ は反射点間を光が往復するのに要する時間で、反射点

2

\* 前期搬送周波数が配列されたことを特徴とする請求項3記載の光通信装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は周波数分割多重信号をレーザー発振器で光強度変調して伝送するアナログ光通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信装置の光伝送路上には一般に光ファイバー間の接続コネクタや、その他の素子との接続点や端面などの反射点が存在する。反射点間で多重反射した光としなかった光が干渉すると変調歪及び雑音が生じる。その模式図を図3に示す。この様な多重反射による変調歪、雑音の発生が周波数分割多重アナログ光通信装置に関して問題となっている。

【0003】干渉によりどの様に変調歪が発生するかについては、ECOC'91 IOOC WeC8-4 "DISTORTION OF A MULTICARRIER SIGNAL DUE TO OPTICAL REFLECTIONS" (イシホ-791 アイオオシ ダブルイシ-8-4"ディストーション オブ ア マツティヤリヤ シグナル デュー ツー オプティカル レフレクションズ")等の文献で報告されている。それによると搬送周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の変調信号に対する変調歪の強度比は、第二高調波成分(HD2)、2次相互変調成分(IM2)、3次相互変調成分(IM3)について次の(数1)に示すように表わされる。

【0004】

【数1】

間距離を $L$ 、反射点間の光速度を $c'$ として $\tau = 2L/c'$ で求められる。

【0006】(数1)は反射点間でレーザー光がコヒーレント干渉を起こした時に成立し、反射点間がコヒーレント長より十分長い場合は(数1)に示される変調歪はそれぞれ送信レーザーのスペクトル線幅の2倍にスペクトル分布する雑音となる。この時の雑音の強度は(数



(3)

3

1) の対応する歪と  $\exp(-2\gamma\tau)$  の項を除いて同等の式で表わされる。

【0007】従来の光通信装置に於いては光伝送路として使用される光ファイバーは、工作上や敷設上の要請によってその長さを決められていた。そのためあらゆる長さのものが用いられており、搬送周波数との相関は考慮されていなかった。この事情は光学素子内に関しても同様である。これらの接続点には一般に後方への反射が生ずるため、従来の通信装置にはあらゆる間隔で反射点が存在することとなり、これにより前記の多重反射による伝送品質の劣化を招いていた。

【0008】光伝送路上の多重反射により信号の伝送品質が劣化することが認識されるようになってから、それを防ぐ方法として、信学会全国大会春期'92 B-1040「光ファイバ内の多重反射に起因する歪の検討」では、反射点間距離を大きくとれば、(数1)の  $\exp(-2\gamma\tau)$  項が小さくなることにより歪を低減させ得ることが示された。

【0009】また芯線を融着して結合する、または反射減衰量の大きなコネクタにより結合する、等により反射減衰量を大きくし、伝送品質の劣化を減少させる方法が提案されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】反射点間の距離を大きくする方法は、レーザーの線幅  $\Delta\lambda$  が狭い場合や、反射点間の素子が光アンプなど光に対してゲインを持つ場合、反射点間距離を相当大きくとらなければならないことがあり、長距離の光ファイバー伝送路などには有効だが、通信装置内や局所的な装置の結合など近距離での適用には不利なことがある。また伝送損失が生ずる程度の長距離にならないと雑音の低減の効果もない。

【0011】反射減衰量を大きくする方法はコスト面で高価であり、かならずしも通信装置の敷設の現場で保守性の良いものでない。特に既存の反射減衰量の小さい光伝送路に接続する場合などは反射減衰量が小さくても伝送品質の劣化しない光伝送系の実用性が高い。

【0012】そこで本発明では従来と異なった原理によって上記の問題点を解決し、多重反射により発生する変調歪及び雑音を共に低減させることを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は周波数多重信号の周波数配置と反射点間距離の関係を最適化することにより伝送品質の劣化を低減させることを特徴とする。通信路に含まれる光ファイバーや光学素子内の光路長を特定の値にそろえ、それに対する搬送周波数の組み合わせを適切に選ぶ。その選択の方法は、低減したい歪に関して(数1)に含まれるベッセル関数の積を小さくする様に選択する。

【0014】特に請求項2はその選び方の1つであり、信号光がある反射点間を往復するのに要する時間を  $\tau$  と

4

し、周波数分割多重信号の内のある変調信号の搬送周波数を  $f$  とした時、 $f\tau$  が常に整数であるように周波数配置と反射点間距離を決定する。

【0015】請求項3、4は周波数変換器を備えており、任意の周波数配列を持った周波数分割多重信号を請求項1、2で前述した様な伝送品質の劣化の小さい周波数配列に変換した後伝送する。

【0016】

【作用】前述したように(数1)に含まれるベッセル関数の積を小さくすることで、多重反射による変調歪、雑音の発生を低減することができる。

【0017】一般に(数1)で表わされた歪は様々な変数を含んでおり、いろいろな条件で0や極小値をとるが、特に  $f\tau$  が整数である時(数1)の  $B_i$  は0となり、第一種ベッセル関数  $J_1(0) = J_2(0) = 0$  を用いると、(数1)に表わされる3種の変調歪の大きさは同時に0となる。より高次の歪もこの時すべて0となり、これらの歪は発生しない。この条件は、変調度、発光閾値電流、バイアス電流、単位周波数あたりの光周波数偏移量に関わりなく歪が0となるという特質を備えているため、これらの量を自由に設定でき、かつ送信状態の変動でこれらが変化しても影響されずに安定した伝送品質を保てる。

【0018】また、このような条件下で多重反射による雑音発生も歪同様に低減される。請求項3、4は周波数変換器を備えており、TV・無線信号の伝送や、CATV配信等に用いられる任意の周波数配列を持った周波数分割多重信号を、前述した様な周波数配列に変換した後伝送するので、そのような信号も劣化せず伝送することができる。

【0019】

【実施例】(実施例1)本発明を適用した例を図2に示す。この例では請求項1、2の発明が適用されている。変調装置19に入力された複数の入力信号17は変調搬送波発生器18により周波数分割多重信号に変調される。この例での搬送波周波数は500MHzより50MHz間隔で高周波に向かい3波あり、ともに信号強度の等しいものとする。この信号は、光送信器2内のバイアス電流を与えられたレーザー素子8に入力されて直接光強度変調を行なう。信号光は10-14に示す光ファイバー伝送路によって光受信装置3へ伝送される。各光ファイバー間は光ファイバーコネクタ15によって接続されている。受信された光強度信号は受光素子9により電気信号に変換され、復調器20により復調されて出力信号21となる。

【0020】伝送路には光速度が  $2 \cdot 10^8$  [m/s] の光ファイバーを使用する。光ファイバーは、12のファイバーを除き2mの整数倍の長さの光ファイバーを用いる。但し12は送受信基地間に敷設された数百mから数km程度の任意の長さの光ファイバー伝送路である。

(4)

5

さらに光ファイバーをコネクタ接続により追加する時や、その他の反射点を含む光学素子を追加する時は反射点間距離を2mの整数倍にする。光ファイバーの長さの精度は、2mに対して±3mm以内の精度である。

【0021】この様な光伝送系に於て、反射点間距離は2mの整数倍であり、搬送波は50MHzの整数倍であるので、ある整数N、Mを用いて、 $f = (500 + 50 \cdot N) \cdot 10^6$  [Hz]、 $\tau = 2 \cdot 2 \cdot M / 2 \cdot 10$

8 [s] と表わされ、この時  $f \tau = 5 + N \cdot M$  となり整数であるから、この系で多重反射による歪、雑音は発生しない。光ファイバーの長さの精度まで考慮すると、光ファイバーの接続コネクタの反射減衰率を−30dB、 $I_b - I_{th} = 50$  mA、 $m = 0.1$ 、 $\Delta \nu = 20$  MHz (FWHM)、 $\delta \nu = 300$  MHz / mAとして

(数1)より計算すると、偏波のカップリング係数 $\xi$ が最悪の1となったとしても、500MHzと550MHzの搬送波により600MHzに発生するIM3は600MHzの搬送波に対し−90dBc以下となる。

【0022】本例では反射点間距離を大きくとり歪を低減する方法を併用している。すなわち、長距離敷設線路12にこの様な長さの精度を求めるのは困難であるので、この区間の反射点間距離が大きく変調歪の発生は小さいということを利用して、敷設時にファイバー長を決定する工数を省く。これには、既に敷設された長さの正確にわからない、反射減衰率の低いコネクタを用いた光ファイバーを長距離線路として使用することができるという利点に伴う。

【0023】光ファイバー長、周波数配列や光速度などが、本例と異なる数値をとる系でも、請求項に示された関係を満足する限り図2に示す装置構成を変更することなく使用できる。

【0024】(実施例2)本発明を適用した別の例を図1に示す。この例では請求項2、3の発明が適用されている。周波数分割多重信号としてBS放送搬送波1を伝送する。入力信号は1.01112GHzのローカル信号発生器4により低周波へ変換する、単純な周波数変換器5へ接続されている。この周波数変換後レーザー素子8に入力する周波数は38.36MHzより38.36MHz間隔で高周波に向かって整列される。これを実施例1同様、光送信器2内のバイアス電流を与えられたレーザー素子8に入力し直接光強度変調を行なう。信号光は10-14に示す光ファイバー伝送路によって光受信装置3へ伝送される。各光ファイバー間は光ファイバーコネクタ15によって接続されている。受信された光強度信号は受光素子9により電気信号に変換され、さらに周波数変換器6によりもとのBS放送搬送波復調器に変換され出力信号16となる。伝送路には光速度が $2 \cdot 10^8$  [m/s]の光ファイバーを使用する。12以外の光伝送路は2.61mの整数倍の反射点間距離にされ、送受信基地間は数百mから数km程度の任意の長さの光

6

ファイバー12が敷設されている。

【0025】光ファイバーの長さは2.61mの整数倍であり、搬送波は38.36MHzの整数倍であるので、N、Mを整数とすると、 $f = (38.36 \cdot N) \cdot 10^6$  [Hz]、 $\tau = 2 \cdot 2.61 \cdot M / 2 \cdot 10$  8 [s] と表わされ、 $f \tau = N \cdot M$ で整数となり、実施例1同様多重反射による歪、雑音は発生しない。

【0026】この様に実施例2ではBS放送の様な、そのままでは最適な反射点間距離の得にくい周波数配列の信号の伝送時でも、請求項2、3に含まれる周波数変換により実施例1同様理想的な反射点間距離と周波数配列の組合せを得ることができる様になっている。

【0027】さらに周波数変換器として、各搬送波を個別に変換する変換器を用いることも可能である。この時は特に、TV放送等の不規則な周波数並びを持つ信号などの任意の周波数配列の信号を本発明を満たす様な配列へ容易に変換でき、光ファイバー長の選択の自由度が増す等の利点がある。

【0028】

【発明の効果】以上に説明したように本発明では反射点間の距離を適切に固定し、信号搬送周波数を適切に配列することにより変調歪、雑音を低減させることができる。

【0029】特に光ファイバー伝送路に関して従来型の光ファイバーやコネクタを使用でき、特別な付帯装置や改良を必要としないため、既に敷設されている光ファイバー幹線に適用することも容易であり、コスト、保守面で従来と遜色なく多重反射により発生する変調歪を低減させることができるなど優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を応用した周波数分割多重光アナログ通信系の一実施例の構成図

【図2】本発明を応用した周波数分割多重光アナログ通信系の一実施例の構成図

【図3】多重反射光と通常光の干渉の模式図

【符号の説明】

- 1 入力周波数多重信号
- 2 光送信装置
- 3 光受信装置
- 4 ローカル発信器
- 5 周波数変換装置
- 6 周波数変換装置
- 7 ローカル発信器
- 8 レーザー素子
- 9 受光素子
- 10 送信装置内光ファイバー
- 11 接続用光ファイバー
- 12 光ファイバー敷設線路
- 13 接続用光ファイバー
- 14 受信装置内光ファイバー

(5)

- 7

1 5 光ファイバーコネクタ

1 6 出力周波数多重信号

1 7 入力信号

1 8 変調搬送波発生器

1 9 変調装置

2 0 復調装置
- 8

2 1 出力信号

2 2 光伝送路

2 3 反射点

2 4 通常光経路

2 5 多重反射光経路

【図1】

- 1 入力周波数多重信号

2 光送信装置

3 光受信装置

4,7 ローカル発信器

5,6 周波数変換装置

8 レーザ素子

9 受光素子

10 送信装置内光ファイバー

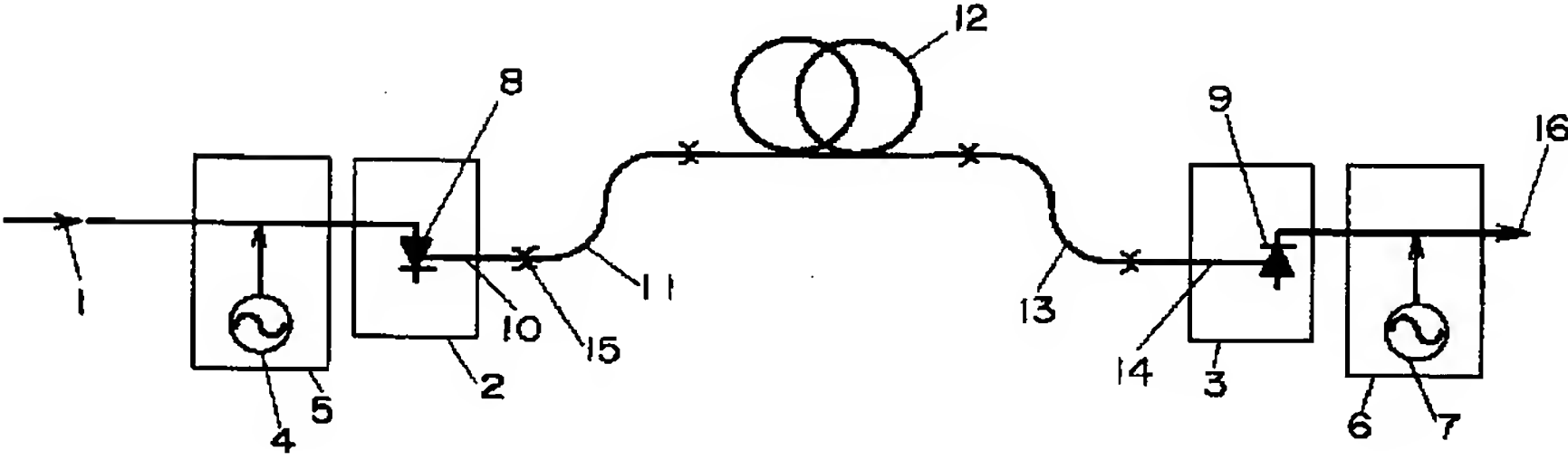
11,13 接続用光ファイバー

12 光ファイバー敷設線路

14 受信装置内光ファイバー

15 光ファイバーコネクタ

16 出力周波数多重信号



【図2】

- 2 光送信装置

3 光受信装置

8 レーザ素子

9 受光素子

10 送信装置内光ファイバー

11,13 接続用光ファイバー

12 光ファイバー敷設線路

14 受信装置内光ファイバー

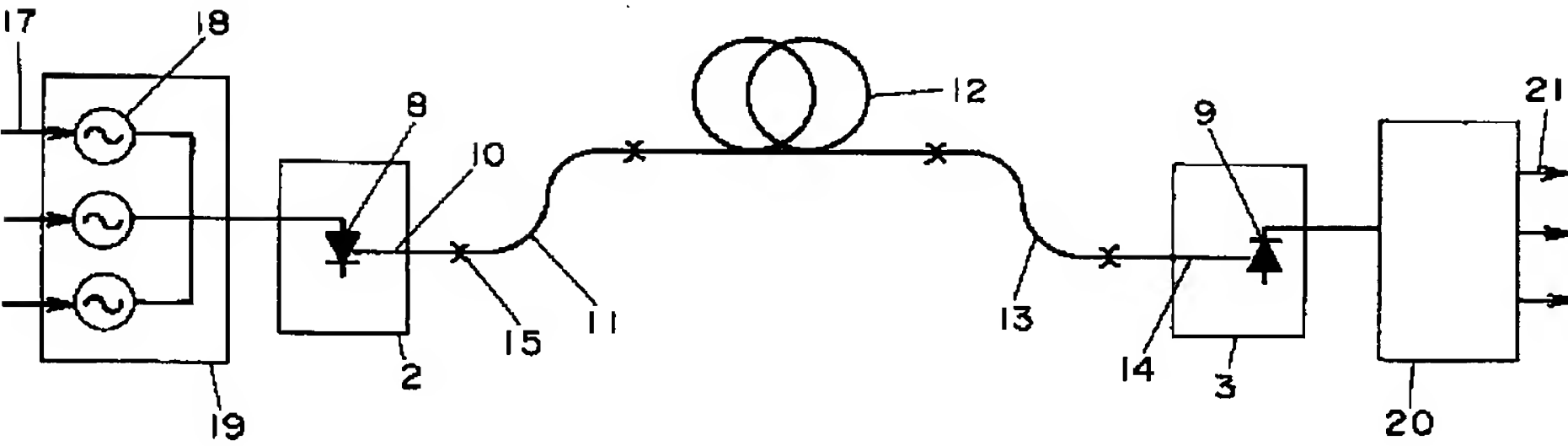
17 入力信号

18 変調搬送波発生器

19 変調装置

20 復調装置

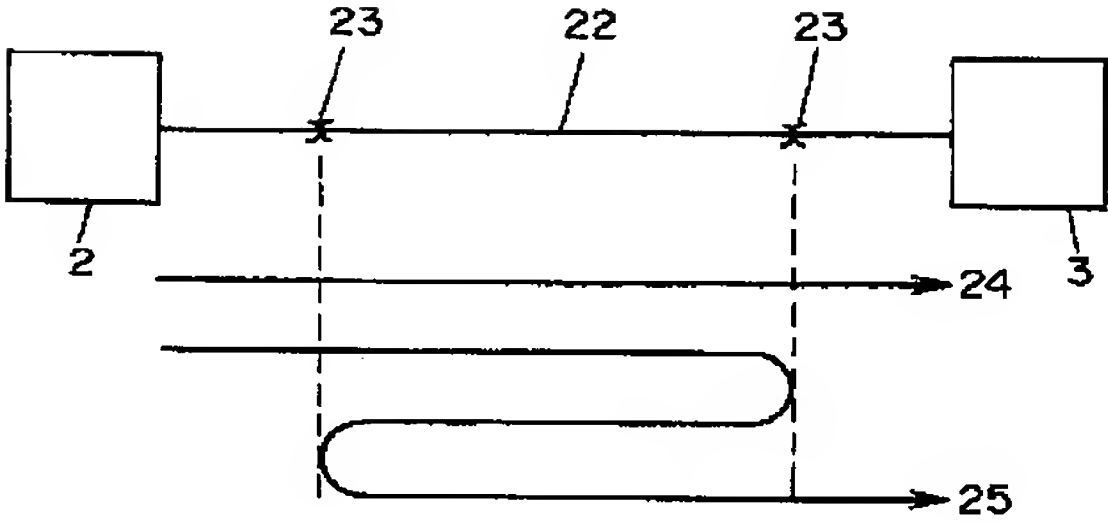
21 出力信号



(6)

【図3】

- 2 光送信装置
- 3 光受信装置
- 22 光伝送路
- 23 反射点
- 24 通常光経路
- 25 多重反射光経路



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
		8523-5K	H 0 4 B 9/00	E